کنترل مستقیم بار مشترکین جهت مدیریت بار سمت تقاضا با هدف پیک سایی

امیر رضا رضایی[۱و۲] فاطمه سفیانیان [۱و۲] *مصطفی عظیمی
۱-شرکت برق منطقه ای باختر ۲-دانشگاه علم وصنعت ایران * دانشگاه اصفهان

چکیده

مدیریت بار در حال حاضر بعنوان زیر مجموعه ای از مدیریت مصرف محسوب می‌شود و صرفاً در برگیرنده عملیاتی است که توسط شرکت برق و یا توسط مشترکان در پاسخ به انگیزه‌های ایجاد شده به‌منظور برش پیک بار، پر کردن دره منحنی بار و یا جابجایی زمانی بار، اجرا می‌شوند. هدف از مدیریت بار، تخصیص درست منابع و امکانات موجود در صنعت برق است، به گونه‌ای که نه تنها انرژی الکتریکی به اقتصادی‌ترین شکل ممکن تولید گردد، بلکه با جلوگیری از تولید ناصحیح و مصرف بی‌رویه، از امکانات بدست آمده بیشترین راندمان حاصل شود. در بحث مدیریت بار توابع متعددی وجود دارد که در این مقاله به اختصار بر روی آنها بحث و در پایان نتایج استفاده از این روش‌ها در شبکه‌های گوناگون مورد بررسی قرار می‌گیرد.

کلمات کلیدی: کنترل مستقیم بار، بار زدائی، الگوریتم دینامیکی

۱- مقدمه

کنترل بار یکی از ابزاری است که در سالهای اخیر در کشورهای مختلف دنیا، خصوصاً در کشورهای در حال توسعه که با رشد شدید در مصرف برق مواجه گردیده اند، مورد استفاده گسترده ای پیدا کرده است. در این فرآیند، هدف کنترل داوطلبانه بار مصرفی در ساعات و فصول مختلف از سوی مشترکین صنعتی و مصارف بزرگ تجاری عمومی و خانگی با هماهنگی شرکتهای برق می باشد. با توجه به پتانسیل بالای صرفه جویی این راه کار و کاهش هزینه های مربوط به تهیه تجهیزات کنترل بار، استفاده از این روش بسیار موثر می باشد. روشهای کنترل در این زمینه متفاوت است که از محدودیت اجباری تا نرخهای تعرفه پویا در نوسان می باشد و با توجه به نوع و میزان ضرورتهای تولید انرژی الکتریکی تغییر می یابند.

گام اول در کنترل بار سمت تقاضا، بررسی دقیق و همه جانبه میزان مصرف است که این کار به خصوص در کارخانجات و صنایع ضروری است. انتخاب دیماند بهینه مصرف برق ضمن اینکه باعث تقلیل هزینه های جاری کارخانه ها می شود، در کارخانه های در حال ساخت، باعث کاهش سرمایه گذاری اولیه می گردد. علاوه بر آن، نکته دیگر که باید رعایت گردد، همزمانی پیک مصرف و بخصوص تلاقی آن با پیک شبکه است. گام دوم، بهینه سازی مصرف به خصوص در مصرف کننده های بزرگ (کارگاه ها و کارخانه ها) می باشد. این کار با روش های عملیاتی (تغییر در عملیات با حفظ تکنولوژی موجود) و روش های تکنولوژی (تغییر تکنولوژی) امکان پذیر است. یکی از روشهای عملیاتی، برنامه ریزی است، دیگری تعیین اولویت بازدهی (پس از بررسی زمینه صرفه جویی)می باشد. به هرحال با اتوماسیون و اعمال مدیریت های مناسب می توان کنترل مناسبی بر روی بارها اعمال کرد.

هدف از انجام این تحقیق، برنامه ریزی برای کنترل وسایل الکتریکی توسط روش خاصی از برنامه ریزی دینامیکی می باشد تا علاوه بر پیک سایی، کاهش هزینه تولید را ایجاد نماید. روش دیگر درمدیریت بار بر اساس هزینه از نرخ ساختار ارایه شده به مصرف کننده صرفنظر می کند. نتایج حاصل از در نظر گرفتن هزینه ممکن است باعث از دست رفتن در آمد و سود گردد. در این بحث مدیریت و کنترل مستقیم بار بر اساس سود مورد بررسی قرار می‌گیرد. به جای تعیین مقدار انرژی که باید به تعویق بیفتد و یا باز پرداخت گردد، الگوریتم مذکور تعداد گروههای هر مصرف کننده (بار) را برای ماکزیمم شدن سود کنترل می کند. همچنین برای درک بهتر از عملکرد وسایل کنترلی، برنامه ریزی خطی یک روش ساده و ارزان برای برنامه ریزی زمانی مسئله ارائه می دهد.

۲- بارزدایی

بعضی مواقع شرایط بحرانی در سیستم به وجود می‌آید. این شرایط بحرانی، می تواند شامل مواردی نظیر مصرف پیش از تولید، مصرف توان های راکتیو بیش از حد، خارج شدن نیروگاههایی در سیستم و ده ها مورد دیگر باشد. در این موارد، یکی از روشها برای بهبود وضعیت سیتم این است که بارهایی را از سیستم جدا کنیم تا مصرف در شرایط متعادل با تولید قرار گیرد.

۳- بررسی کنترل مستقیم بار

هدف از کنترل مستقیم بار کاهش بارپیک سیستم بوسیله کنترل دستگاههای تهویه مطبوع،Air Conditioner (AC)در مصرف کننده ها می باشد. برای اجرا کردن DLC مد عملکرد چرخشی برای AC ها اغلب مورد استفاده قرار می گیرد تا علاوه بر فراهم کردن رضایت مصرف کننده، تنظیم چرخه کار (Duty Cycle) کار AC ها هم در صورت لزوم به راحتی امکان پذیر باشد. مسئله مدیریت (Dispatch) برای DLC تعیین مقدار باری که در دوره زمانی کنترل به منظور کاهش بار پیک و حداقل کردن کل هزینه های تولید به طور همزمان بمنظور مطالعه سود اقتصادی سوییچ میگردد. لازم است تا هزینه های تولید با وجود و بدون Dispatch برای DLC در دوره زمانی مورد نظر محاسبه کنیم.

برای تعدادی از شرکتهای برق دوره زمانی برنامه ریزی برای Unit Commitment اغلب به علت محدودیتهای واحدهای آبی و شروع به کار واحدهای فسیلی طولانی تر از ۷ روز می‌باشد. بنابراین یک دوره زمانی ۸ روزه برای مطالعه مدیریت DLC در نظر گرفته می‌شود. نمو زمانی برابر با ۱ ساعت در نظر گرفته می شود و بنابراین ۱۹۲ مرحله در طول دوره زمانی مورد نظر وجود دارد. دوره کنترل هر روز در ساعت ۱۰ صبح شروع و ۶ بعد از ظهر تمام می شود. در طول عملکرد کنترلی، AC به میزان ۱۵ دقیقه خاموش می باشد. (i) Vdlc برابر با تعداد کاهش بار توسطِDLC در زمان i و Vmax ماکزیمم ظرفیت ممکن برای DLC باشد بنابراین:

$$0 \le V_{dlc}(i) \le V_{\max} \qquad (۱-۱)$$

در طول زمان خاموش بودن AC، دمای محیط با توجه به فاکتورهایی از جمله آب و هوا شرایط محیطی، راندمان دستگاه تهویه، زمان شروع و پایان کنترل افزایش می یابد. بنابراین در پریود بعدی روشن بودن AC ، درخواست بار برای AC بعلت پدیده بازگشت انرژی افزایش می یابد. بنابراین می توان انرژی بازگشتی را به صورت زیر نمایش داد:

$$EP(k) = \sum_{j=1} EPR_j . V_{dlc}(k-j) \qquad (۲-۱)$$

EP(K): افزایش بار در مرحله kام بعلت بازگشت انرژی ایجاد شده توسط عملکرد DLC

EPRJ: نسبت انرژی بازگشتی ظاهر شده در مرحله زمانی j ام بعد از زمانی که عملکرد DLC به اجرا در آمد.

N: دوره زمانی بازگشت انرژی .

نسبت انرژی برگشتی، EPR J با آب و هوا، نحوهٔ کنترل و رفتار مصرف کننده و ... تغییر می کند. تحقیقات زیادی برای بدست آوردن مقدار واقعی این نسبت لازم می باشد. افزایش باری که بدلیل بازگشت انرژی ایجاد می شود محاسبه می گردد و در خواست بار در مرحله i ام بعد از DLC باید به صورت زیر اصلاح گردد:

$$LOAD(i) = LOAD(i) + EP(i) - V_{dlc}(i) \qquad (۳-۱)$$

LOAD (i): در خواست بار اصلاح شده درمرحله i ام.

LOAD (i): در خواست بار پیش بینی شده در مرحله i ام.

برای کاربردهای عملی، برای در نظر گرفتن قطعیتها در پیش بینی بار و عملکرد کنترلی بار،از روش برنامه ریزی دینامیکی تصادفی باید استفاده گردد. اگر چه برای ارزیابی امکان پذیر بودن DLC ، برنامه ریزی دینامیکی قطعی هم به اندازه کافی مناسب می باشد.

تابع هزینه‌ای که انتخاب شده است بر این اساس است که هزینه تولید تقریباً متناسب با مربع مقدار در خواست بار در سیستم می باشد. هزینه کل تولید در دوره زمانی مورد مطالعه به صورت زیر نمایش داده می شود:

$$COST = \sum C_1.[LOAD(i) + EP(i) - V_{dlc}(i)]^2 \quad (۴-۱)$$

COST : کل هزینه تولید

C۱ : ضریب تابع هزینه

با توجه به معادله بالا، آشکار است که بار سیستم ساعتی LOAD(i)، به منظور در برگرفتن اثر عملکردهای کنترل بار، EP(i) و Vdlc(i) تصحیح شده است. در این بحث اطلاعات بار ساعتی از منتحی تداوم بار دورهٔ زمانی ۸ روزه بدست می آید و فرض می شود که بار در هر ساعت ثابت است.

مدیریت (dispatch) کنترل مستقیم بار به صورت زیر نمایش داده می شود:

$$MinimizeCOST = \sum_{i=1} C_1.[LOAD(i) + EP(i) - V_{dlc}(i)]^2$$

$$1 \le i \le 192 \quad (۵-۱)$$

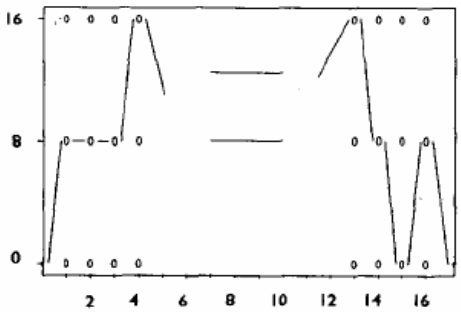
برای $1 \le i \le 192$

$$0 \le V_{dlc}(i) \le V_{\max}$$

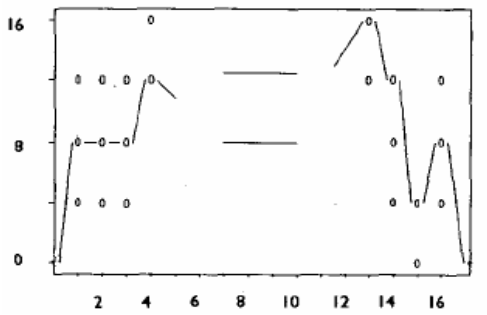
-۵

برنامه ریزی دینامیکی چند گذره

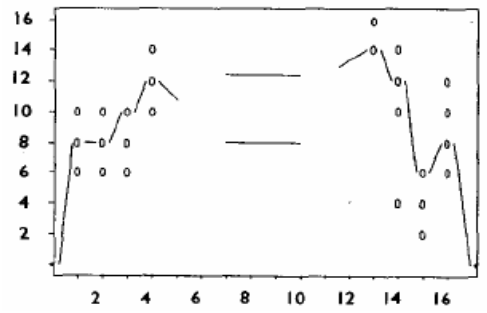
در روشهای دینامیکی مرسوم، کمترین هزینه نسبت به هدف، در هر مرحله زمانی ناپیوسته و برای هر حالت ممکن در هر مرحله حساب می گردد. برنامه ریزی دینامیکی چند گذره به منظور عملی کردن این راه حل گسترش داده شده است. بعلت پدیده بازگشت انرژی برای کنترل AC ها، نیاز به انجام بعضی از اصلاحات در روش دینامیکی مذکور می باشد. شکل۱-۱ تا۱-۴ مراحل حل این الگوریتم را نشان می دهد. در واقع این یک روش تکرار می باشد که تدریجاً به خط مسیر بهینه واقعی همگرا می گردد.



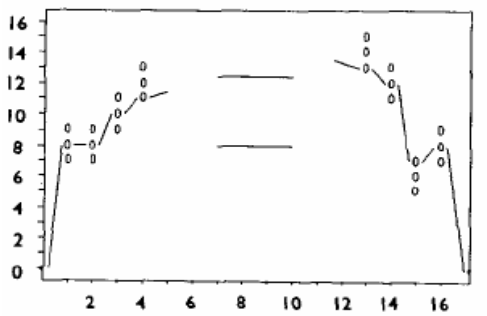
شکل (۱-۱): مرحله اول گذر در برنامه ریزی دینامیکی



شکل (۱-۲): مرحله دوم گذر در برنامه ریزی دینامیکی



شکل (۱-۳): مرحله مرحله سوم گذر در برنامه ریزی دینامیکی



شکل (۱-۴): مرحله چهارم گذر در برنامه ریزی دینامیکی

۱-۵- مراحل الگوریتم مورد نظر

مدیریت DLC شامل برنامه ریزی ساعت به ساعت جهت رسیدن به کنترل بهینه برای دوره زمانی مورد نظر می باشد. فلورچات در شکل .....۵-۱ نشان داده شده است. مراحل الگوریتم به صورت زیر می باشد.

۲-۵- تعیین محدودهٔ امکان پذیر و عملی

شامل تعیین ظرفیت قابل کنترل دستگاههای تهویه که از قبل توسط قراردادبین مصرف کننده ها و شرکت برق تعیین می گردد. بنابراین محدودهٔ کنترلی امکان پذیر یک شکل مستطیلی در طول دوره زمانی کنترل می باشد که مقدار ماکزیمم آن برابر با بیشترین مقدار ظرفیت DLC و کمترین آن برابر با صفر می باشد.

فرض می کنیم Vdlc (i,j) مقدار کاهش بار توسط DLC در حالت J ام از مرحله i ام باشد. باید توجه داشت که این

مقدار باید قید مربوط به معادله ۱-۵ را تأمین کند. در این بحث مقدارهای Vdlc در مرحله شروع و مرحله آخری دوره زمانی کنترلی برابر با صفر فرض می گردد.

۵-۳- تعیین مقدار حالت

در این بحث تعداد ماکزیمم ظرفیت DLC , Vmax به k حالت واحدها که بیانگر k سطح متغیر حالت می باشد تقسیم می گردد:

$$V_{state} = V_{\max} / K \qquad (۱-۶)$$

طوریکه:

$$k = 2^{mip}$$

Mip: حداقل تعداد گذارهای جستجو

در گذر ۱ مقادیر حالت DLC برای هر مرحله به صورت زیر است:

$$V_{dlc}(i,1) = V_{\max} \qquad (۱-۷)$$

$$V_{dlc}(i,2) = V_{\max} / 2 \qquad (۱-۸)$$

$$V_{dlc}(i,3) = 0 \qquad (۱-۹)$$

هنگامی که خط مسیر بهینه در گذر ۱ تعیین شد، این مسیر به عنوان خط سیر برای تعیین مقادیر حالت در گذر ۲ استفاده می شود. در گذر ۲ حالت بهینه هر مرحله از گذر ۱ به عنوان تعداد حالت ۲ در مرحله استفاده می گردد:

$$V_{dlc}(i,2) = V_{dlc}(i,x)^{*} \qquad (۱-۱۰)$$

بطوریکه Vdlc (i,x)* زمانبندی بهینه DLC در مرحله i ام در گذر ۲ می باش و x شماره حالت بهینه در آن مرحله می باشدو مقادیر حالت ۱ و حالت ۳ هر مرحله به صورت زیر تعیین می گردد:

$$V_{dlc}(i,1) = V_{dlc}(i,2) + V_{State}.2^{mip-pss}$$
$$V_{dlc}(i,1) \le V_{\max} \qquad (۱-۱۱)$$

و

$$V_{dlc}(i,3) = V_{dlc}(i,2) - V_{state}.2^{mip-pss}$$
$$V_{dlc}(i,3) \ge 0 \qquad (۱-۱۲)$$

Pss شماره گذر حاضر که به عنوان نمونه در این حالت برابر با ۲ می باشد بنابراین نحو حالت توسط فاکتور ۲ در گذر ۲ کاهش می یابد.

۶-محاسبات در خواست بار اصلاح شده

فرض می کنیم که یک مسیر بازگشت سه ساعته مورد استفاده قرار بگیرد. انرژی بازگشتی ایجاد شده در این سه ساعت توسط DLC به صورت زیر محاسبه می گردد:

(۱-۱۳)

$$= V_{dlc}(i,1,x).EPR_1$$
$$+ V_{dlc}(i-2, nix(i-1,x)).EPR_2$$
$$+ V_{dlc}(i-3, nix(i-2, nix(i-1,x))).EPR_3$$

EPt (i) : افزایش بار در مرحله i ام بعلت بازگشت انرژی ایجاد شده توسط عملکرد DLC در طول سه ساعت قبلی

Nix (n,x) : حالت بهینه در مرحله n-۱ ام که حداقل هزینه را به حالت x ام در مرحله n ام را بدست می دهد. هنگامی که افزایش بار بعلت بازگشت انرژی محاسبه شده در خواست بار اصلاح شده در حالت j ام از مرحله i ام بعد از DLC به صورت زیر داده می شود:

(۱-۱۴)

$$LOAD^{*}(i,j) = LOAD(i) + EPt(i) - V_{dlc}(i,j)$$

آشکار است که برای مقادیر مختلف DLC ، سطوح درخواست بارهای متفاوتی در هر مرحله زمانی خواهد بود .

۷-خط سیرهای جستجوی بهینه

برای بدست آوردن مدیریت بهینه DLC با حداقل هزینه کل، یک الگوریتم بازگشتی برای محاسبه حداقل کل هزینه در حالت j ام در مرحله i ام مورد استفاده قرار می گیرد:

(۱-۱۵)

$$COST(i,j) = MIN\ C_1.[LOAD(i) + EPt(i) - V_{dlc}(i,j)]^2 + COST(i-l,R)$$

که در این رابطه

Cost (i,j) : حداقل هزینه کل در حالت j ام از مرحله i.

{R}: مجموعه حالتهای ممکن در مرحله i-۱

هنگامی که حداقل هزینه کل برای مرحله آخر با استفاده از معادله۱-۱۵ پیدا شد، خط مسیر بهینه در گذر حاضر از DLC را می توان از طریق بازگشت این مسیر پیدا کرد. الگوریتم روش مورد نظر در شکل ۱-۵ نمایش داده شده است.

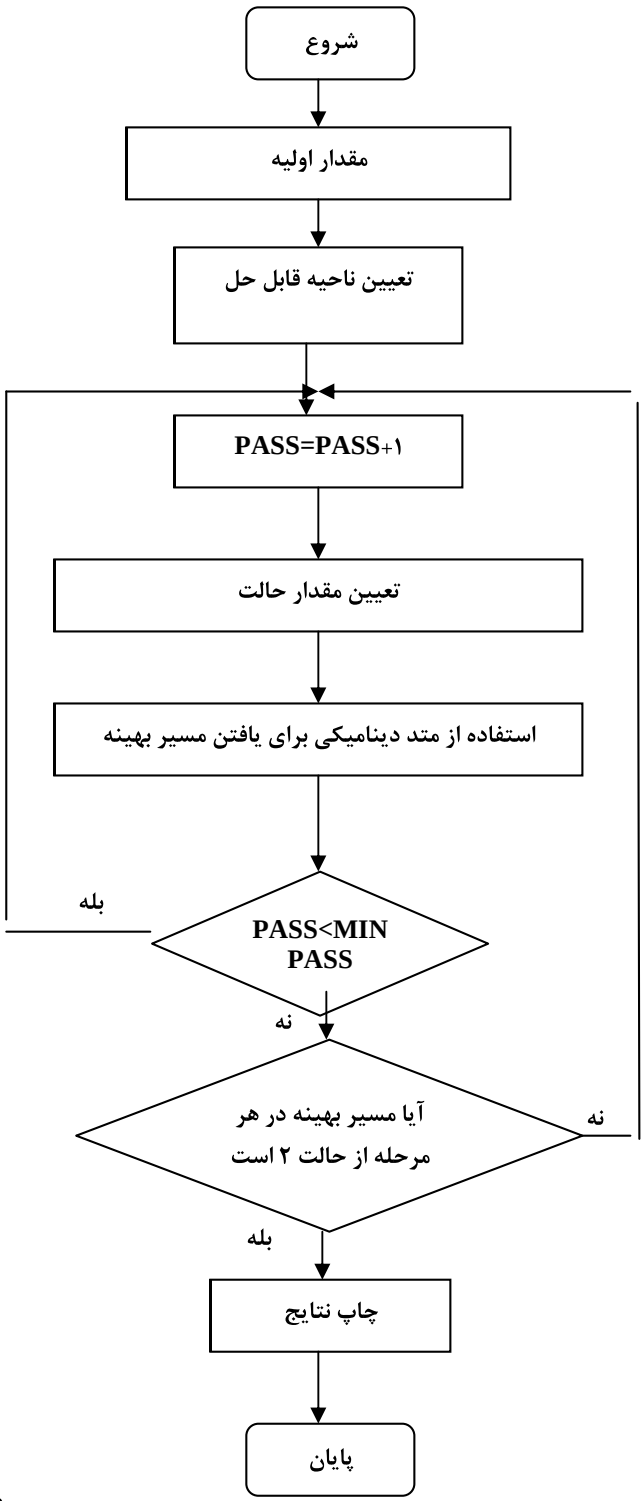
۸- مدیریت بار بر اساس سود با استفاده از برنامه ریزی خطی

. به طور کلی مدیریت بار را می توان به صورت زیر مجزا کرد:

الف-کنترل مستقیم بار (DLC): که این اجازه را به شبکه سراسری می دهد که بارهای مصرف کننده ها را به صورت یکجانبه حذف کند.

ب-کنترل غیر مستقیم بار: این اجازه را به مصرف کننده می دهد تا بار خود را به طور مستقل مطابق با هزینه ها و سیگنالیهایی که توسط شبکه سراسری فرستاده می شود کنترل کند.

ج- ذخیره کننده انرژی محلی: که هم به شبکه و هم به مصرف کننده اجازه می دهد تا انرژی را در طول زمان غیر پیک/ کم هزینه، ذخیره و در زمان پیک/ پر هزینه از آن منبع ذخیره استفاده کنند



شکل(۲): فلوچارت الگوریتم مذکور

الگوریتمهای متفاوتی از جمله برنامه ریزی دینامیکی برای کاهش بار پیک، هزینه عملکرد سیستم ارائه شده است ولی بعضی از این الگوریتم ها دارای معایبی می باشند از جمله اینکه، تشخیص ماکزیمم ظرفیت کنترل پذیر از یک پریود تا پریود بعدی تغییر می کند و همچنین غفلت از این نکته که بار به الگوی انرژی بازگشتی وابسته است.

این روش بر خلاف روشهایی که بر اساس کاهش هزینه می باشند، در واقع بر اساس ماکزیمم کردن سود حاصل از کنترل بار بارهای قابل کنترل می باشد. ابتدا به جایمقدار باری که باید کنترل گردد، الگوریتم جدید تعداد مصرف کننده هایی که باید کنترل شوند را تعیین می کند و همچنین الگوریتم مورد نظر در برگیرنده تمام دوره های کنترلی ممکن می باشد و با استفاده از یک تکنیک تقریبی مناسب، الگوریتم جدید تابع هزینه را غیر خطی در نظر می گیرد. در ضمن با استفاده از الگوریتم مذکور، جوابهای بدست آمده دارای مقداری صحیح می باشند.

علائم :

CL_j:بار کنترلی پذیر در پریود j ام

NL_J: بار کنترل ناپذیر در پریود j ام

Pr_j: قیمت میانگین (هزینه/ بازار برق) در پریود j ام

$Pi,_j$: بار آماده برای DLC در پریود J ام که توسط هر مصرف کننده در گروه باری مصرف کننده i(CLG) ام برای بخش حاضر فراهم می گردد.

$PSi,_j$: بار کنترل پذیر برنامه ریزی شده متعلق به CLG، i ام در پریود J ام برای بخش قبلی

$PRFT_j$: سود بدست آمده توسط شبکه در پریود j ام از کل بار مصرف کننده

r_j: نرخ هزینه بارهای کنترل ناپذیر در پریود j ام

$ri,_j$: نرخ هزینه در i CLG ام در پریود j ام قبل از اجرای برنامه DLC

$Ri,_j$: نرخ هزینه I CLG ام در پریود j ام بعد از اجرای برنامه DLC

S_j: هزینه سیستم در پریود j ام که توسط تابع افزایشی یکنواخت برای کل بار در پریود نشان داده می شود.

TL_j: بار کل در پریود j ام

$Xi,_j$: تعداد مصرف کننده ها در i CLG ام در پریود j ام

Pmi,j:در صد سود از فروش توان در i CLG ام در پریود j ام

Xi,j,k: تعداد گروههایی از i CLG ام که بار آنها حذف می گردد.

ΔP : ماکزیمم افزایش/ کاهش بار

N: ماکزیمم تعداد CLG

m: ماکزیمم پریود مورد مطالعه

Li: ماکزیمم دوره زمانی قابل تعویق در i CLG ام

U(*): تابع پله هر مرحله

$$u(*)=1 \qquad if * \geq 0$$

$$u(*)=0 \qquad if * < 0$$

C: هزینه متغیر عملکرد و تعمیرات و نگهداری وسایل کنترلی .

gi: تعداد مصرف کننده ها در i CLG ام .

q(i,j,k) ماکزیمم دوره زمانی باز پرداخت برای بار حذف شده در پریود j ام و به طول k در i CLG ام .

$\alpha(i,j,k,s)$: نسبت باز پرداخت در پریود (j+k+s-۱) برای بار حذف شده در پریود j ام و به طول k در i CLG ام .

۹- مدلسازی

در پریود j ام کل بار را می توان به دو بخش بار کنترلی پذیر و بار کنترلی ناپذیر مطابق با رابطه زیر نمایش داد:

$$TL_j = CL_j + NL_j \qquad (۱-۲)$$

همچنین بر اساس نرخ ساختار و مشخصه بار، بار DLC به دو گروه مختلف در گروههای مصرف کننده (CLG) تقسیم می گردد. درهر پریود j ام، CLj می تواند به صورت تابعی از تعداد مصرف کننده ها در هر i CLG ، xi,j فراهم برای برنامه ریزی و بارهای کنترل پذیر، برنامه ریزی شده در هر CLG نشان داده شود:

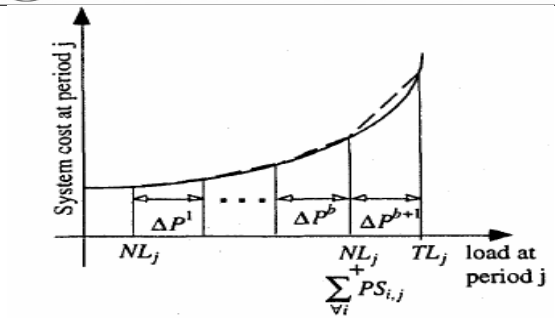
$$CL_j = \sum_{\forall i}(x_{i,j}P_{i,j} + PS_{i,j}) \qquad (۲-۲)$$

در هر پریود سود حاصل توسط معادله زیر داده می شود:

(۳-۲)

$$PRFT_j = \sum_{\forall i} R_{i,j}(x_{i,j}P_{i,j} + PS_{i,j}) + r_j NL_j - S_j(TL_j)$$

در رابطه بالا جمله اول درآمد حاصل از i CLG ام، جمله دوم حاصل از بار کنترل ناپذیر و جمله سوم هزینه افزایشی یکنواخت را در پریود j ام نشان می دهد که در شکل ۲-۱ نمایش داده شده است.



شکل (۳): تابع هزینه سیستم

برای برنامه ریزی DLC با استفاده از برنامه ریزی خطی، Sj(TLj)، نیازمند خطی سازی این تابع می باشیم. همانطور که در شکل۲-۱ نمایش داده شده است برای محدوده ΔP، Sj(TLj) را می توان به صورت تابع خطی از بار کنترل پذیر نمایش داد:

$$S_j(TL_j) = S_j(NL_j) + \sum_{a=1}^{b} pr_j^a \Delta P^a + \mathrm{Pr}_j^{b+1}\left(\sum_{\forall i} x_{i,j}P_{i,j}\right) \qquad (۴-۲)$$

بطوریکه:

$$\sum_{a=1}^{b}\Delta P^a = \sum_{\forall i} PS_{i,j} \qquad (۵-۲)$$

بنابر این معادله (۲-۳) را به صورت زیر نوشت:

-۲)

$$PRFT_j = \sum_{\forall i} R_{i,j}(x_{i,j}P_{i,j} + PS_{i,j}) + r_j NL_j - \left(S_j(NL_j) + \sum_{a=1}^{b} pr_j^a \Delta P^a + pr_j^{b+1}x_{i,j}P_{i,j}\right)$$

$$= \left\{\sum_{\forall i}\left[\left(R_{i,j} - pr_j^b\right)\right]\right\} + \{r_j NL_j - S_j(NL_j)\} + \left\{\sum_{\forall i} R_{i,j}PS_{i,j} - \sum_{a=1}^{b} pr_j^a \Delta P^a\right\} \qquad (۶$$

بنابراین حاشیه سود به صورت زیر نمایش داده می شود:

$$pm_{i,j} = R_{i,j} - pr_j \qquad (۷-۲)$$

۹-۱-فرمولبندی

در ادامه فرمولهای ریاضی برنامه ریزی خطی بر اساس سود آورده شده است.

۱۰-متغیرهای تصمیم گیری:

Xi,j,k: تعداد مصرف کننده ها در i CLG ام که کنترلی بار را در شروع پریود j ام و دوره زمانی k پریود.

۱۱- تابع هدف:

$$\max \quad IP - DP \tag{۸-۲}$$

بطوریکه:

(۹-۲)

$$IP = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{l_i}\left\{x_{i,j,k}\sum_{s=1}^{q(i,j,k)}\left[pm_{i,j+k+s-1}\alpha_{i,j,k,s}\left(\sum_{v=1}^{k}P_{i,j+v-1}\right)\right]\right\}$$

کل شود

حاصل افزایش یافته وقتی که کنترل xi,j,k انتخاب می شود عبارت است از:

$$DP = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{l_i}\left[x_{i,j,k}\sum_{v=1}^{k}(P_{i,j+v-1}pm_{i,j}+c\right] \tag{۱۰-۲}$$

قیود موجود عبارتند از:

$$x_{i,j,k} \ge 0 \tag{۱۱-۲}$$

مقادیر غیر منفی برای انتخاب کنترلی

$$x_{i,j,k} \le g_i \tag{۱۲-۲}$$

مقدار ماکزیمم برای انتخاب کنترلی

$$\sum_{a=1}^{j}\sum_{k=1}^{l_i}x_{i,a,k}u(a+k+q(i,a,k)-j-1) \le g_i$$

$\forall i,j$ باید

توجه داشت که در هر پریود j ام، برای هر i CLG گروههای کنترل شده نمی توانند از تعداد ماکزیمم از پیش تعیین شده بیشتر گردد (gi).

معادلات(۲-۱۴) و (۲-۱۵) برای اطمینان از اینکه تغییر در بار در هر پریود از مقدار افزایش و یا کاهش مجاز از پیش تعیین شده فراتر نمی رود، لحاظ شده اند.

(۱۴-۲)

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{a=1}^{j}\sum_{k=1}^{l_i}\{x_{i,a,k}[P_{i,a}u(a+k-j-1) - \alpha_{i,a,k,j-a-k+1}u(j-a-k)\left(\sum_{v=1}^{k}P_{i,j+v-1}\right)]\} \le \Delta P \quad \forall j$$

(۱۵-۲)

$$-\sum_{i=1}^{n}\sum_{a=1}^{j}\sum_{k=1}^{l_i}\{x_{i,a,k}[P_{i,a}u(a+k-j-1) - \alpha_{i,a,k,j-a-k+1}u(j-a-k)\left(\sum_{v=1}^{k}P_{i,j+v-1}\right)]\} \le \Delta P \quad \forall j$$

۱۳

- مراحل تکرار

برای بدست آوردن جواب بهینه یک پروسته تکراری مورد استفاده قرار می گیرد.

$\overline{x_{i,j,k}}$: ماکزیمم تعداد انتخاب کنترلی، Xi,j,k

$\overline{x_j}$: ماکزیمم تعداد کل انتخاب کنترلی، Xi,j,k

$x_{i,j,k}^{iter}$: جواب بدست آمده در تکرار iter

$x_{i,j,k}^{sol} \downarrow_{iter}$: جواب بهینه در تکرار iter

$incpft^{sol}$: افزایش بهینه در سود بدست آمده توسط شبکه بعد از برنامه ریزی بهینه

جواب بهینه بدست آمده در تکرار iter به صورت زیر با جواب حاصل از iter ارتباط دارد :

$$x_{i,j,k}^{sol}\big|_{iter} = x_{i,j,k}^{sol}\big|_{iter-1} + x_{i,j,k}^{iter} \tag{۱۶-۲}$$

بنابر این سمت چپ معادله (۲-۱۱) به صورت زیر دوباره نوشته می شود:

(۱۷-۲)

$$\overline{A} = -x_{i,j,k}^{sol}\big|_{iter-1} \quad if\ \overline{x_{i,j,k}} < x_{i,j,k}^{sol}\big|_{iter-1}$$
$$= -\overline{x_{i,j,k}} \quad if\ \overline{x_{i,j,k}} \ge x_{i,j,k}^{sol}\big|_{iter-1}$$

و سمت چپ معادله (۲-۱۲) به صورت زیر باز نویسی می گردد :

(۱۸-۲)

$$\overline{B} = \overline{x_{i,j,k}} \quad if g_i - x_{i,j,k}^{sol}\big|_{iter-1} < \overline{x_{i,j,k}}$$
$$= g_i - x_{i,j,k}^{sol}\big|_{iter-1} \quad if\ g_i - x_{i,j,k}^{sol}\big|_{iter-1} \ge \overline{x_{i,j,k}}_{\forall i,j,k}$$

و سمت چپ معادله (۲-۱۳) به صورت زیر باز نویسی می گردد:

(۱۹-۲)

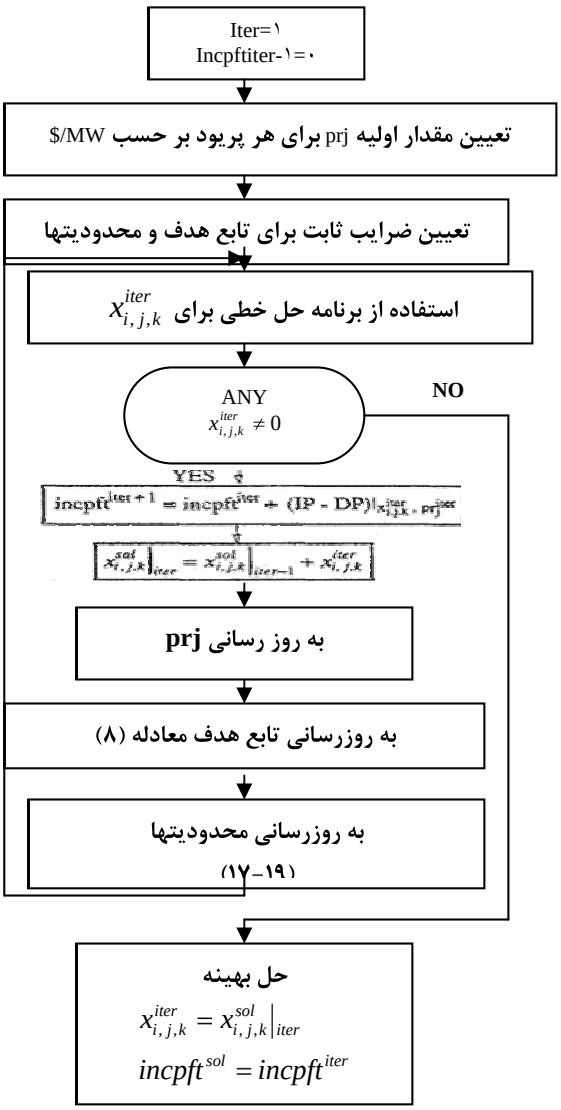
$$\overline{C} = g_i - \sum_{a=1}^{j}\sum_{k=1}^{l_i}x_{i,j,k}^{sol}\big|_{iter-1}u(a+k+q(i,a,k)-j-1) \quad \forall i,j$$

برای حفظ خاصیت جوابهای با مقدار صحیح معادلات (۲-۱۴،۱۵) به صورت زیر تغییر می یابند:

(۲۰-۲)

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{a=1}^{j}\sum_{k=1}^{l_i}[x_{i,a,k}(u(a+k-j-1)+u(j-a-k))\bar{x}_j$$

فلوچارت طراحی و برنامه ریزی مذکور در شکل ۲-۳ نمایش داده شده است.



شکل (۵): فلوچارت طراحی و روش برنامه ریزی مذکور

۱۴- نتیجه

در این مقاله در خصوص روشهای کنترل مستقیم بار جهت مدیریت بار سمت تقاضا با هدف پیک سایی بحث و بررسی گردید در روشهای دینامیکی مرسوم، کمترین هزینه نسبت به هدف، در هر مرحله زمانی ناپیوسته و برای هر حالت ممکن در هر مرحله حساب می گردد. برنامه ریزی دینامیکی چند گذره به منظور عملی کردن این راه حل گسترش داده شده است هدف اصلی در این روش از مدیریت بار برای شرکتهای برق کاهش پیک بار مستقیم می باشد.

روش بعدی بر خلاف روشهایی که بر اساس کاهش هزینه می باشند، در واقع بر اساس ماکزیمم کردن سود حاصل از کنترل بار بارهای قابل کنترل می باشد در اینجا به جای تعیین مقدار انرژی که باید به تعویق بیفتد و یا باز پرداخت گردد، الگوریتم مذکور تعداد گروههای هر مصرف کننده (بار) را برای ماکزیمم شدن سود کنترل می کند. همچنین برای درک بهتر از عملکرد وسایل کنترلی، برنامه ریزی خطی یک روش ساده و ارزان برای برنامه ریزی زمانی مسئله ارائه داده است .

منابع و مأخذ:

[۱] Kah-Hoe Ng,Gerald B Sheble,"Direct Load Control-A Profit Based Load Management Using Linear Programming",IEEE Trans on Power System,Vol.۱۳,No۲,May ۱۹

[۲]A.Gabaldon,A.Molina,C.Roldan,J.A.Fuentes,"Assesment and simulation of Demand-Side Management Potential in Urban Power Distribution Networks" IEEE Bologna PowerTech Conference ،۲۰۰۳,june ۲۳-۲٦ ,Bologna,Italy

[۳] A.Wehbe,H.Salehfar,"Direct Load Control For Reducing Losses in The Main and Laterals of Distribution Systems"IEEE Trans on Power System ,۲۰۰۲

[٤] Kun-Yuan Huang,Yann-Chang Huang," Integrating direct Load Control With Interruptible Load Management to Provide Instantaneous Reserves for Ancillary Services" IEEE Trans on Power Systems ,Vol .۱۹.No۳.August ۲۰۰٤

This document was created with Win2PDF available at http://www.daneprairie.com.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.